

## Unkräuter auf Wegen und Plätzen und ihre Bekämpfung

*Weeds on pavements and their control*

Arnd Verschwele

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig, [arnd.verschwele@jki.bund.de](mailto:arnd.verschwele@jki.bund.de)

DOI: 10.5073/jka.2012.434.034

### Zusammenfassung

Im Rahmen des EU-Projekts CleanRegion wurden im Stadtgebiet vom Braunschweig in den Jahren 2005 bis 2007 umfangreiche Vegetationsaufnahmen auf Wegen und Plätzen durchgeführt. Diese Erhebungen erfolgten an bis zu 165 Boniturflächen, die auf Wohn- und Industriegebiete sowie Grünflächen verteilt waren. Im gesamten Versuchszeitraum waren 78 Unkrautarten bzw. Artengruppen vertreten. Mit Stetigkeiten über 12 % zählten neben den Laubmoosen *Sagina procumbens*, *Poa annua*, *Taraxacum officinale* und *Polygonum aviculare* zu den häufigsten Arten. 26 Pflanzenarten, darunter viele einjährige Ackerunkräuter, waren mit Stetigkeiten von maximal 1 % nur sporadisch vertreten. Der Unkraut-Deckungsgrad lag im Durchschnitt bei 6,3 %, erreichte aber vor allem in Industriegebieten vereinzelt deutlich höhere Werte. Signifikante Deckungsgrad-Unterschiede zwischen den Nutzungsarten der Flächen gab es jedoch nicht.

Zusätzlich wurden 2005 und 2006 an 8 Standorten in Braunschweig Versuche zur physikalischen und chemischen Unkrautbekämpfung durchgeführt. Im Durchschnitt beider Jahre wurden, bezogen auf den Deckungsgrad zum Vegetationsende, folgende Wirkungsgrade erreicht: 1. Rotofix (71 %), 2. Heißschaum (59 %), 3. Heißdampf (35 %), 4. Unkrautbürste (35 %), 5. Abflammen (13 %). Die Untersuchungen zeigten, dass bei der Auswahl geeigneter Verfahren nicht nur die Effektivität, sondern auch die Art und Dichte der Verunkrautung sowie die Art der befestigten Oberfläche berücksichtigt werden muss. Verschiedene Verfahren sollten kombiniert werden, um langfristig eine Selektion bestimmter Unkrautarten zu vermeiden.

**Stichwörter:** Nicht-chemische Bekämpfung, Rotofix, Unkrautarten, Unkraut-Deckungsgrad

### Summary

Extensive vegetation surveys on pavements have been conducted in the city of Braunschweig from 2005 to 2007 as part of the EU project CleanRegion. The survey was conducted at 165 plots situated in residential and industrial zones as well as in parks and recreation areas. During the complete period we found 78 weed species e.g. groups of weeds. Most frequent (> 12 %) were bryophytes, *Sagina procumbens*, *Poa annua*, *Taraxacum officinale* and *Polygonum aviculare*. 26 species, including many arable annual weed species occurred very sporadically (frequency < 1 %). The mean weed coverage was 6.3 % but was much higher in some cases in industrial zones. However, there were no significant differences of the weed coverage in the three different zones.

Additional weed control trials including physical and chemical control measures have been conducted at 8 sites located in Braunschweig in 2005 and 2006. Based on the weed coverage at the end of vegetation period the following efficacy has been achieved: 1. Rotofix (71 %), 2. hot foam (59 %), 3. hot steam (35 %), 4. weed brush (35 %), 5. flaming (13 %). The investigation indicates that beside the efficacy we also have to consider the weed species and density as well as the pavement condition. Different methods should be combined in order to avoid selection pressure of certain weed species.

**Keywords:** Non-chemical control, Rotofix, weed coverage, weed species

### 1. Einleitung

Unkräuter sind auf Wegen und Plätzen unerwünschte Pflanzen. Ihre Bekämpfung ist erforderlich, um die Verkehrs- und Betriebssicherheit der Flächen zu gewährleisten. Sie stören darüber hinaus häufig das Ästhetik- und Ordnungsempfinden vieler Bürger. Vielfach wird außerdem angeführt, dass mit steigender Verunkrautung städtische Flächen zusätzlich durch Müll und Unrat unansehnlich erscheinen. Werden Unkräuter auf derartigen Flächen nicht bekämpft, können außerdem hohe Kosten für die Instandhaltung folgen. Andererseits wird der Naturschutzwert von Pflanzengesellschaften auf Wegen und Plätzen als gering eingeschätzt (BRANDES, 2005).

Weil chemische Bekämpfungsmaßnahmen stark reglementiert sind, nur in Ausnahmefällen

genehmigt werden und darüber hinaus in vielen Städten und Gemeinden grundsätzlich abgelehnt werden, stellt sich die Frage nach wirksamen Alternativen der Unkrautbekämpfung. Hier Lösungen zu entwickeln, war das Ziel eines dreijährigen EU-Projekts, in dem mehr als 20 Partner aus 7 nordeuropäischen Ländern teilnahmen. Nachfolgend werden ausschließlich die Versuchsergebnisse beschrieben, die in Deutschland erarbeitet wurden.

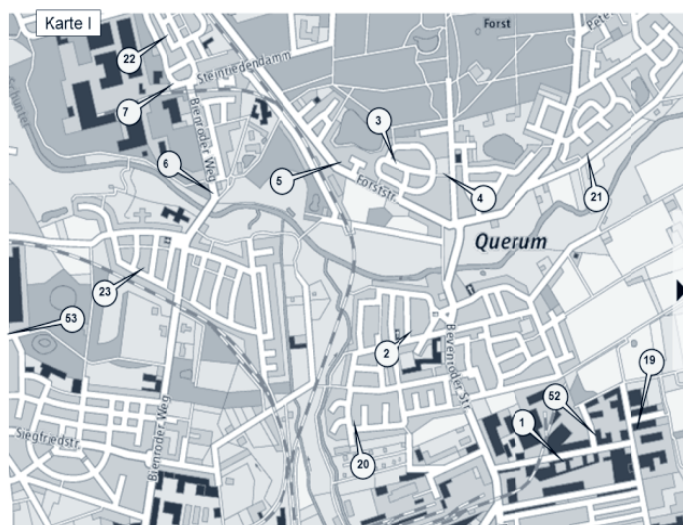
## 2. Material und Methoden

### 2.1 Erhebungen zu Unkrautarten und -dichten

Von 2005 bis 2007 wurde im Stadtgebiet Braunschweig das Unkrautvorkommen auf befestigten Fußwegen erhoben. Im ersten Jahr fanden diese Untersuchungen nur an 18 Boniturstellen statt, in den Jahren 2006 und 2007 kamen weitere 34 Flächen hinzu. Tabelle 1 beschreibt den Standort Braunschweig sowie die Boniturflächen und zeigt beispielhaft einen Kartenausschnitt mit mehreren Erhebungspunkten.

**Tab. 1** Standortbeschreibung des Stadtgebiets Braunschweig (einschließlich Kartenausschnitt).

**Tab. 1** Characterisation of the city of Braunschweig (including map details).



Geografische Lage	52°16'N, 10°31'O
Fläche	192 km <sup>2</sup>
Einwohner	245.000
Niederschlag	2005: 513 mm 2006: 474 mm 2007: 882 mm
Flächen-Bauart	Verbundstein (11)
(Anzahl der Bonitur- flächen)	Platten (30) Naturstein (8) Asphalt, Kies (6)
Nutzung	Wohngebiete (24)
(Anzahl der Bonitur- flächen)	Industrie (14) Grünflächen (14)

Die Flächen wurden nicht zufällig ausgewählt, sondern waren im gesamten Stadtgebiet so verteilt, dass sie in Bezug auf folgende Eigenschaften ausreichend variierten: (a) Art der Umgebung (Wohngebiete, Industriegebiete, Grünflächen), (b) Fugenanteil, Nutzungsintensität und Alter des Gehwegs, (c) Wachstumsfaktoren (Licht, Feuchtigkeit). Der Innenstadtbereich mit dem typisch hohen Anteil an Fußgängerzonen, Geschäftsfächen und Parkplätzen wurde nicht untersucht.

Innerhalb der Boniturfächen lagen drei Kernparzellen mit einer Fläche von je 80 x 80 cm, die über die gesamte Versuchszeit ortsfest und dauerhaft markiert waren (Abb. 1). Von den Kernparzellen lag jeweils eine Fläche in der Mitte des Gehwegs (Mitte), eine an der Straßenseite (Außen) sowie auf der gegenüber auf der innen liegenden Seite (Innen). Innerhalb des Versuchszeitraums sollte hier keine Unkrautbekämpfung erfolgen, die Parzellen wurden jedoch in allen Jahren zum Vegetationsende gejätet und gereinigt. Im letzten Versuchsjahr gingen vier Flächen durch Bauarbeiten oder andere störende Eingriffe verloren.

Zu drei bis vier Terminen während der Vegetationsperiode wurden auf den insgesamt 165 (2005: 54) Parzellen die Unkrautarten und der Gesamt-Unkrautdeckungsgrad bonitiert. Zusätzlich wurden die Deckungsrade der drei häufigsten Arten visuell geschätzt. Fotos der Boniturfächen wurden am PC unter ein digitales Raster von 20 x 20 Punkten gelegt. Anschließend wurde der Anteil derjenigen Kreuzungspunkte erfasst, die mit grünen Blattteilen bzw. Moos überdeckten. Im Vergleich zur visuellen Schätzung und digitalen Bildanalyse-Verfahren erwies sich diese Methode der Deckungsradmessung als sehr genau.



**Abb. 1** Boniturfäche mit den drei Kernparzellen (Außen, Mitte, Innen).

**Fig. 1** Assessment plot including three center plots (Outside, Center, Inside).

Die statistische Auswertung der Vegetationsaufnahmen erfolgte mit dem Programm Statgraphics Plus 5.1. Vorkommen und Verteilung der Unkräuter werden tabellarisch als Stetigkeiten und grafisch in Form von Box-Whisker-Plots dargestellt.

## 2.2 Bekämpfungsversuche

In den Jahren 2005 und 2006 wurden in Braunschweig auf insgesamt acht Flächen (2005: 5, 2006: 3) umfangreiche Versuche zur mechanischen, thermischen und chemischen Bekämpfung der Unkräuter auf Fußwegen durchgeführt. Für diese Behandlungen wurden Gehwege mit einer Mindestlänge von 500 m ausgewählt, die sowohl in Bezug auf die Beschaffenheit als auch von der Umgebung her weitgehend homogen waren. Die Versuche wurden in 3- oder 4-facher Wiederholung mit einer Parzellenlänge von mindestens 25 m angelegt. Folgende Behandlungen wurden im Vergleich mit der unbehandelten Variante geprüft (herstellende bzw. ausführende Firma in Klammern):

- a) thermisch: Abflammgerät (Green-Flame 850 E, Fa. Green-Flame, Vordingborg, Dänemark)
- b) thermisch: Heißschaumgerät (Waipuna, Fa. OMK-Ihr Dienstleister, Heinrichsberg)
- c) thermisch: Heißwassergeräte (Weedcleaner, Fa. Kemming Agrardienstleistung, Dülmen)
- d) mechanisch: Unkrautbürste (Fa. Egholm, Braunschweig)
- e) chemisch: Herbizidbehandlung mit Rotofix (Fa. Rotowiper, Ruhmannsfelden)

Die thermischen und mechanischen Maßnahmen erfolgten zu drei Terminen im Jahr (Mitte Mai, Ende Juni, Mitte September), die Herbizidbehandlung mit Rotofix wurde nur an den ersten beiden Terminen durchgeführt. Hier wurde im Walzenstreichverfahren eine 10 %ige Roundup-Ultra-Lösung (360 g/l Glyphosat) in Verbindung mit einem schaumbildenden Spülmittel appliziert. In jeder Wiederholung lagen drei Messquadrate (0,8 m x 0,8 m) zur Erfassung der Unkrautarten und des Gesamtdeckungsgrades. Bonitiert wurde stets kurz vor den Behandlungen sowie 10-14 Tage danach, eine Abschlussbonitur erfolgte Mitte Oktober. Der Unkraut-Deckungsgrad wurde wie in Kap. 2.1 beschrieben erfasst.

In zusätzlichen Versuchen, die 2006 auf zwei Standorten in Braunschweig durchgeführt wurden, stand der Vergleich verschiedener Rotofix-Anwendungen im Vordergrund. Die Flächen bestanden aus Natursteinpflaster (Am Gänsekamp) und Verbundsteinpflaster (Pommerstraße). Folgende Varianten wurden geprüft: (a) Finalsan, 4 x 166 l/ha (186,7 g/l Pelargonsäure), (b) Abflammen (Green-Flame 850 E) + Rotofix, (c) Rotofix, 1 x, ohne Nachreinigung, (d) Rotofix 2 x, ohne Nachreinigung, (e) Rotofix, 2 x, mit Nachreinigung. Die Bonitur der Verunkrautung erfolgte wie oben beschrieben.

Die statistische Auswertung der Bekämpfungsversuche, einschließlich ANOVA- und LSD-Auswertungen, erfolgte mit dem Programm Statgraphics Plus 5.1. In Grafiken sind die Mittelwerte und Standardabweichungen angegeben. Moose wurden hier nicht berücksichtigt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Erhebungen zu Unkrautarten und -dichten

In den drei Versuchsjahren wurden 51-71 (insgesamt 78) Unkrautarten gefunden (Tab. 2). Die Anzahl der Pflanzenarten, die auf den 0,64 m<sup>2</sup> großen Kernparzellen festgestellt wurden, ist mit maximal 11-14 vergleichsweise hoch. Einschränkend ist jedoch zu bemerken, dass einige Flächen vor allem in Randgebieten völlig ungepflegt oder auch durch Überschwemmungsereignisse zu fast 100 % mit Boden bedeckt waren. Auf schadhafte Flächen mit Belagrisen oder Absenkungen ist ebenfalls verstärktes Unkrautwachstum festzustellen. In den meisten Fällen lag der Fugenanteil unter 12 %.

**Tab. 2** Unkrautvorkommen auf Fußwegen im Stadtgebiet Braunschweig.

**Tab. 2** Weed abundance on pathways in the city of Braunschweig.

Nr.	2005	2006	2007
Anzahl Kernparzellen	54	165	153
Anzahl Arten gesamt	51	71	58
Anzahl Arten je Parzelle	0-11	0-14	0-14
Unkrautdeckungsgrad Ø (%)	5,4	6,9	6,1
Unkrautdeckungsgrad min. (%)	0	0	0
Unkrautdeckungsgrad max. (%)	33,5	74,5	49,3

Boniturzeitraum: 22.06.-11.07.

Die Gruppe der Laubmoose (*Bryophyta*) führt die Rangliste deutlich an, sie wurden jedoch nicht weiter differenziert und hier als eine Art gewertet. Weiterhin zählten *Sagina procumbens*, *Poa annua* und *Taraxacum officinale* zu den häufigsten Arten mit Stetigkeiten über 12 % (Tab. 3).

Seltener (5-10 %) traten z. B. *Artemisia vulgaris*, *Senecio* spp., *Epilobium* spp., *Festuca rubra*, *Sonchus* spp. auf. Weitere 26 Pflanzenarten waren mit Häufigkeiten von maximal 1 % nur sporadisch vertreten. Hierzu gehörten zum Beispiel *Prunella vulgaris*, *Dactylis glomerata* oder *Hypericum perforatum*. In 2006 wurden vor allem in den Randbereichen der Stadt zusätzlich viele einjährige Ackerunkrautarten

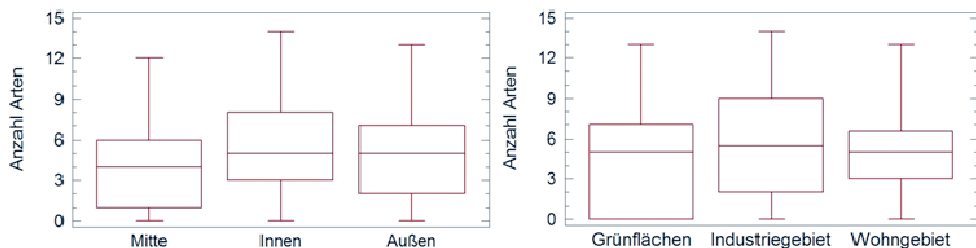
gefunden (z. B. *Capsella bursa-pastoris*, *Lamium amplexicaule*, *Veronica* spp.). Insgesamt überwogen jedoch deutlich die ausdauernden Pflanzenarten gegenüber ein- und zweijährigen Arten. Im Gegensatz zu *Poa annua* waren andere Gräser wie *Festuca rubra* oder *Agrostis tenuis* nur schwach vertreten.

**Tab. 3** Rangliste der häufigsten Unkrautarten auf Fußwegen im Stadtgebiet Braunschweig.

**Tab. 3** *Most frequent weed species on pathways in the city of Braunschweig.*

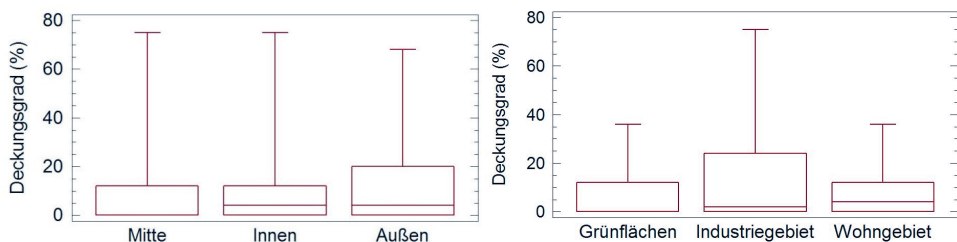
Rang	2005	2006	2007
1	<i>Bryophyta</i>	<i>Bryophyta</i>	<i>Bryophyta</i>
2	<i>Sagina procumbens</i>	<i>Sagina procumbens</i>	<i>Sagina procumbens</i>
3	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Poa annua</i>
4	<i>Poa annua</i>	<i>Poa annua</i>	<i>Polygonum aviculare</i>
5	<i>Plantago major</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Conyza canadensis</i>
6	<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Poa</i> spp.	<i>Taraxacum officinale</i>
7	<i>Conyza canadensis</i>	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>Plantago major</i>
8	<i>Poa</i> spp.	<i>Plantago major</i>	<i>Arenaria serpyllifolia</i>
9	<i>Stellaria media</i>	<i>Conyza canadensis</i>	<i>Matricaria discoidea</i>
10	<i>Geranium purpureum</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Veronica agrestis</i>

Der Unkraut-Deckungsgrad lag im Durchschnitt bei 6,3 %, wobei vereinzelt, vor allem in Industriegebieten, deutlich höhere Werte erreicht wurden (Tab. 2, Abb. 3). Der Anteil an völlig unkrautfreien Kernparzellen war jedoch überraschenderweise in Industriegebieten mit 50-64 % höher als an Grünflächen (49-59 %) und Wohngebieten (44-48 %). Signifikante Deckungsgrad-Unterschiede zwischen den Nutzungsarten der Flächen gab es daher nicht.



**Abb. 2** Anzahl der Unkrautarten in Abhängigkeit der Position auf dem Gehweg (links) und in Abhängigkeit von der Nutzungsart der umgebenden Fläche (rechts), n = 165, Braunschweig 2006.

**Fig. 2** *Number of weed species in relation of pathway position (left) and in relation to function of the surrounding area (right), n = 165, Braunschweig 2006.*

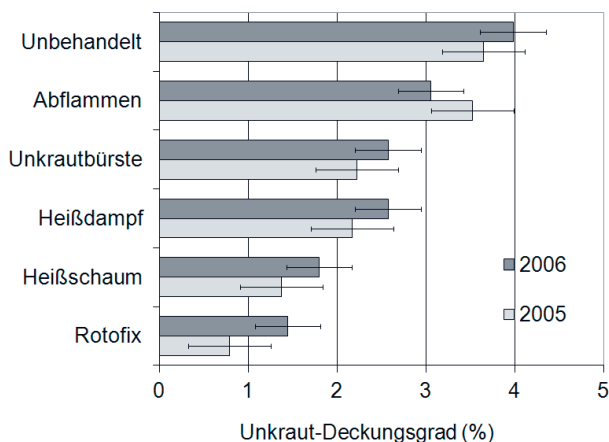


**Abb. 3** Unkraut-Deckungsgrad (%) in Abhängigkeit der Position auf dem Gehweg (links) und in Abhängigkeit von der Nutzungsart der umgebenden Fläche (rechts), n = 165, Braunschweig 2006.

**Fig. 3** *Weed coverage (%) in relation of pathway position (left) and in relation to function of the surrounding area (right), n = 165, Braunschweig 2006.*

### 3.2 Bekämpfungsversuche

Die Verunkrautung in den Bekämpfungsversuchen war allgemein geringer als auf den Beobachtungsflächen (Abb. 4). Bezogen auf den Unkraut-Deckungsgrad (ohne Laubmoose) lagen die Wirkungsgrade der untersuchten Methoden zwischen 3 % und 78 %. Im Durchschnitt beider Jahre wurden folgende Wirkungsgrade erreicht: 1. Rotofix (71 %), 2. Heißschaum (59 %), 3. Heißdampf (35 %), 4. Unkrautbürste (35 %), 5. Abflammen (13 %).



**Abb. 4** Wirkung unterschiedlicher Bekämpfungsverfahren auf den Unkraut-Deckungsgrad (%) auf Fußwegen in Braunschweig, bonitiert 2 Wochen nach der letzten Behandlung (Ende September).

**Fig. 4** Effect of different control measures on the weed coverage (%) on pathways in Braunschweig, estimated two weeks after last treatment (end of September).

Im Vergleich zu landwirtschaftlichen Kulturen sind diese Bekämpfungswerte der hier geprüften Methoden auf Fußwegen folglich sehr schwach. Selbst das Walzenstreichverfahren Rotofix mit dem nicht-selektiven Wirkstoff Glyphosat erreichte keine zufriedenstellende Wirkung. Weil die rotierende Walze nicht tiefer als 20 mm über den Boden geführt werden kann, werden technisch bedingt niedrig wachsende Pflanzenarten wie *Sagina procumbens*, *Polygonum aviculare* oder gelegentlich auch *Taraxacum officinale* nicht erfasst. Andere Arten wie *Conyza canadensis* und *Equisetum* spp. sind darüber hinaus nicht sensitiv gegenüber Glyphosat.

**Tab. 4** Wirkung unterschiedlicher Bekämpfungsverfahren auf den Unkraut-Deckungsgrad (%) auf zwei Fußwegen in Braunschweig (Bonitur am 07.11.2006).

**Tab. 4** Effect of different control measures on the weed coverage (%) on two pathways in Braunschweig (estimation on 07.11.2006).

Behandlung	Am Gänsekamp			Pommerstraße		
	grün	abgestorben	Summe	grün	abgestorben	Summe
Finalsan, 4 x	1,9	1,2	3,1*	1,1	1,1	2,2
Abflammen + Rotofix	2,4	1,0	3,4	1,0	0,9	1,9*
Rotofix, 1x, ohne Reinigung	2,7	0,9	3,6	1,9	0,7	2,6
Rotofix, 2 x, ohne Reinigung	2,5	0,5	3,1*	1,5	0,8	2,3
Rotofix, 2 x, mit Reinigung	2,6	0,5	3,1*	0,9	0,4	1,3*
Unbehandelt	3,1	1,6	4,7	2,8	0,7	3,5

\*) signifikanter Unterschied zu Unbehandelt (LSD),  $p < 0,05$



Die zwei weiteren Bekämpfungsversuche mit unterschiedlichen Rotofixbehandlungen ergaben kein einheitliches Bild (Tab. 4). Technisch bedingt kann das Rotofixgerät kleine Unkrautarten nicht erfassen, so dass die Ausgangsverunkrautung einen großen Einfluss auf den Bekämpfungserfolg hat. Im Versuchsjahr kam hinzu, dass eine lange und trockene Phase im Sommer auch in der unbehandelten Variante zum Rückgang der Verunkrautung führte. In solchen Fällen hat die Nachreinigung oder alleinige Reinigung mit einer Kehrmaschine eine größere Wirkung als die direkte thermische oder chemische Behandlung. Zu früheren Boniturterminen war der Gesamtdeckungsgrad in den Varianten Finalsan und Abflammen + Rotofix deutlich geringer als bei der Abschlussbonitur.

## 4. Diskussion

### 4.1 Unkrautvorkommen

Mit über 50 Pflanzenarten auf Fußwegen wurde im Stadtgebiet von Braunschweig ein breites Artenspektrum gefunden. Es gibt jedoch nur wenige Arten, die nahezu flächendeckend vorkommen, und eben diese Arten waren auch in den anderen Städten, die im Projekt untersucht worden waren, sehr häufig vertreten. In Dänemark, Schweden, Großbritannien und den Niederlanden zählten *Sagina procumbens*, *Poa annua* und *Polygonum aviculare* zu den 10 häufigsten Pflanzenarten in fünf untersuchten Städten (MELANDER et al., 2009). Diese Arten sowie *Conyza canadensis*, *Plantago major* und *Taraxacum officinale* werden auch von anderen Autoren in Deutschland als häufig beschrieben (AUGUSTIN, 2003; DITTRICH, 2012; ZWERTGER et al., 2000). Sie sind überwiegend Vertreter der Trittgemeinschaften, d. h. aufgrund ihres Wuchsverhaltens und ihres hohen Anpassungsvermögens sind sie in der Lage, mechanische Belastungen zu tolerieren bzw. zu vermeiden und derartige lebensfeindliche Standorte zu besiedeln.

Die Art und Intensität der Nutzung sowie die Umgebung haben einen Einfluss auf die Zusammensetzung und Dichte der Pflanzenarten (WITTIG, 2008). BRANDES (2005) konnte darüber hinaus nachweisen, dass die urbane Vegetation mit der Länge von Straßen bzw. Größe von Flächen zunimmt. Die Biodiversität ist seinen Angaben nach auch in Bereichen der alten Stadtgrenze deutlich höher als im intensiv genutzten Innenstadtbereich. Aus vegetationskundlicher Sicht sind diese Aspekte durchaus interessant. Im Vergleich zur notwendigen Pflege und Erhaltung befestigter Flächen spielt jedoch der Naturschutzaspekt bei den Verantwortlichen eine untergeordnete Rolle. Kenntnisse über relevante Unkrautarten, ihre Lebensweise und Zusammensetzung sind aber notwendig, um langfristig und effizient Vegetationskontrolle auf Wegen und Plätzen betreiben zu können.

### 4.2 Unkrautregulierung

Thermische Verfahren auf Basis von Heißwasser bzw. Heißschaum haben sich als befriedigend in ihrem Wirkungsradius erwiesen und waren nur wenig schlechter als die chemische Streichbehandlung mit dem Rotofixgerät. Auffällig hoch ist die Spannbreite an Wirkungsgraden, die in den Versuchen ermittelt wurden, die sich aber nicht immer erklären ließ. Auch das Walzenstreichverfahren Rotofix hat im Vergleich zu Spritzapplikationen mit Glyphosat eine geringere Wirkungssicherheit, wie Ringversuche in 4 Städten zeigten (VERSCHWELE et al., 2008).

Die oberflächliche Hitzewirkung kann den Wiederaustrieb bestimmter Arten auch nach mehrmaliger Behandlung nicht verhindern, wie auch REICHEL (2003) in mehrjährigen Versuchen auf befestigten Flächen feststellte. Unkräuter wie *Sagina procumbens*, *Conyza canadensis*, *Matricaria* spp. und auch Moose sind jedoch vergleichsweise sensitiv gegenüber thermischen Behandlungen. Die abtötende Wirkung auf Unkrautsamen durch Heißwasserbehandlungen wird zwar häufig genannt, hierzu fehlen jedoch sichere Belege. Eigene Erfahrungen sprechen tendenziell gegen derartige Effekte, zumindest bei praxisüblichem Energieaufwand.

Die Vielfalt an derzeit verfügbaren Geräten zur mechanischen Unkrautbekämpfung auf befestigten Flächen ist außerordentlich hoch, so dass die hier eingesetzte Wildkrautbürste nur eine begrenzte Auswahl darstellt. Unabhängig von der spezifischen Ausgestaltung sind mechanische Verfahren immer dann vorteilhaft, wenn es um die Sanierung oder Grundreinigung stark verunkrauteter

Flächen geht. Eine Nachreinigung, die bei thermischen und chemischen Behandlungen erforderlich ist kann hier entfallen. Herrschen hoch gewachsene Unkräuter vor, sollte eine Mahd vor einem möglichen Rotofixeinsatz erfolgen, um das Abknicken der Pflanzen und somit eine mangelhafte Benetzung mit dem Wirkstoff Glyphosat zu verhindern (BOAS et al., 2004). Dieses Beispiel zeigt, dass ein einziges Verfahren in den seltensten Fällen ausreichen wird, um Unkräuter auf Wegen und Plätzen effizient zu bekämpfen. Weil jede der hier beschriebenen Verfahren Wirkungslücken aufweist, ist eine Kombination notwendig, um die Selektion bestimmter Unkrautarten zu verhindern. Eine zusammenfassende Bewertung in Bezug auf Wirkung und Anwendung der verschiedenen Methoden findet sich z.B. bei RASK und KRISTOFFERSEN (2007). Ökologische und ökonomische Effekte werden von KEMPENAAR und SAFT (2006) ausführlich erörtert.

Weitere Arbeiten zeigen, dass bei allen nicht-chemischen Verfahren der Einstellung und Handhabung sowie dem Einsatztermin der Geräte eine große Bedeutung zukommt. Die Vielfalt an Verfahren und Einsatzbedingungen erschwert nicht nur die Vergleichbarkeit von Untersuchungen, sondern auch eine effiziente und zielgerichtete Nutzung in der Praxis. Zukünftig wird es nötig sein, die Verfahren technisch zu optimieren wie z.B. in Bezug auf den Energieverbrauch bei thermischen Verfahren. Nicht-chemische Verfahren müssen darüber hinaus für kommunale Nutzer oder Dienstleister umfassend von Fachexperten beschrieben und begleitet werden.

### Danksagung

Ich bedanke mich bei den Kolleginnen und Kollegen, die die Untersuchungen unterstützt haben (Yasmine Sömer, Monika Merta, Dorothea Kirsch-Tietz, Martina Kracht und Werner Löhr). Sehr hilfreich war auch die Mitarbeit von Silvia Sender vom Fachbereich Stadtgrün der Stadt Braunschweig. Die hier beschriebenen Arbeiten waren Teil des europäischen CleanRegion-Projekts, das im Rahmen des InterregIIIC-Programms von der Europäischen Union gefördert worden ist.

### Literatur

- AUGUSTIN, B., 2003: ECONOMIC ASPECTS OF DIFFERENT METHODS OF WEED CONTROL IN URBAN AREAS. IN: SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT HEALTH IN URBAN HORTICULTURE. H. BALDER, K.-H. STRAUCH UND G.F. BACKHAUS (EDS.), 155–165. BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND UND FORSTWIRTSCHAFT, BERLIN.
- BOAS, P., R. DRIES UND B. KEMPA, 2004: DAS WALZENSTREICHVERFAHREN ROTOFIX. STADT UND GRÜN **52**, 53–56.
- BRANDES, D., 2005: NEUES VON DER STRASSE - EPHEMEROPHYTENDYNAMIK UND BIODIVERSITÄT. FACHGESPRÄCH UNKRÄUTER AUF KOMMUNALEN FLÄCHEN, 22.11.2005, BBA BRAUNSCHWEIG, [HTTP://WWW.BIBLIO.TU-BS.DE/GEOBOT/NEUES\\_VON\\_DER\\_STRASSE.PDF](http://www.biblio.tu-bs.de/geobot/neues_von_der_strasse.pdf).
- DITTRICH, R., 2012: UNKRAUTAUF TRETEN AUF WEGEN UND PLÄTZEN IN SACHSEN UND WIRKUNG THERMISCHER BEKÄMPFUNGSMETHODEN, JOURNAL FÜR KULTURPFLANZEN **64**, (IN VORBEREITUNG).
- KEMPENAAR, C. UND R.J. SAFT, 2006: WEED CONTROL IN THE PUBLIC AREA: COMBINING ENVIRONMENTAL AND ECONOMICAL TARGETS. CONFERENCE ON POLICIES ON PESTICIDE USE BY LOCAL AND REGIONAL AUTHORITIES, 25TH APRIL 2006, WAGENINGEN, THE NETHERLANDS, DIAS REPORT **126**, 17–26.
- MELANDER B., N. HOLST, A.C. GRUNDY, C. KEMPENAAR, M.M. RIEMENS, A. VERSCHWELE UND D. HANSSON, 2009: WEED OCCURRENCE ON PAVEMENTS IN FIVE NORTH EUROPEAN TOWNS. WEED RESEARCH **49**, 516–525.
- RASK A.M. UND P. KRISTOFFERSEN, 2007: A REVIEW OF NON-CHEMICAL WEED CONTROL ON HARD SURFACES. WEED RESEARCH **47**, 370–380.
- REICHEL F., 2003: EXPERIENCES WITH THERMAL AND CHEMICAL WEED CONTROL METHODS (WEED CLEANER, WAIPUNA, ROTOFIX) ON PAVED AREAS UNDER PRACTICAL CONDITIONS. IN: BALDER, H., K.-H. STRAUCH UND G.F. BACKHAUS (HRSG.), SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT HEALTH IN URBAN HORTICULTURE. 155–165. BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND UND FORSTWIRTSCHAFT, BERLIN.
- VERSCHWELE, A., U. STECK, B. AUGUSTIN UND P. BOAS, 2008: WIRKSAMKEIT UND OPTIMIERUNG DES ROTOFIX-VERFAHRENS. MITTEILUNGEN AUS DEM JULIUS KÜHN-INSTITUT, HEFT **417**, 483–484.
- WITTIG, R., 2008: STADTVEGETATION. VERLAG EUGEN ULMER KG, 252 PP.
- ZWARGER, P., T. EGGERS, G. PREUSSENDORFF UND A. VERSCHWELE, 2000: ZUR SITUATION DER UNKRAUTBEKÄMPFUNG IM URBANEN BEREICH, STADT UND GRÜN, SONDERHEFT **13**, 54–60.